

# ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

к.т.н. Г.Б.Лазарев, заведующий лабораторией электропривода ОАО “Научно-исследовательский институт электроэнергетики” (ОАО “ВНИИЭ”)

Одно из стратегических направлений развития электроэнергетики России на период до 2015 года — техническое перевооружение и реконструкция около половины эксплуатируемых тепловых электростанций с продлением их ресурса и заменой основного и вспомогательного оборудования на новое с улучшенными технико-экономическими характеристиками. **Приоритетом при этом является повышение эффективности топливоиспользования, энерго- и ресурсосбережение.** Для энергетической отрасли это тем более важно, что к 2005 году мощность устаревшего и требующего модернизации парка генерирующего оборудования и, в первую очередь, парогенераторов и турбин составит около 80 млн. кВт. Уже к началу 90-х годов технические возможности повышения рабочих параметров парогенераторов и турбин были практически исчерпаны. Поэтому дальнейшее развитие электроэнергетики возможно только на основе применения эффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Мировой опыт последних 15— 20 лет показывает, что одно из наиболее эффективных решений из спектра различных, применяемых для энергосбережения в электроэнергетике — повышение к.п.д. и снижение потерь мощности, потребляемой многочисленными насосными и вентиляторными установками (механизмами собственных нужд). **Снижение затрат энергии, потребляемой механизмами собственных нужд, достигается за счет применения электропривода с регулируемой частотой вращения. Его основу составляет асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и преобразователь с переменной (регулируемой) частотой на силовых полупроводниковых приборах.**

Частотное регулирование производительности насосов и вентиляторов на тепловых электростанциях имеет ряд уже известных преимуществ, таких как:

- исключение дросселирования механическими регуляторами, снижающее потребление энергии;
- исключение гидро- и электродинамических ударов при пусках механизмов и других переходных процессах, уменьшающее износ тепломеханического и электрического оборудования.

Но кроме вышечисленных достоинств, применение преобразователей частоты на тепловых электростанциях позволяет обеспечить новые важные в эксплуатации энергоблоков возможности:

- позволяет оптимизировать уровни нагрева поверхностей парогенераторов при разгрузках энергоблоков за счет уменьшения температурных перекосов, что не только повышает надежность их работы, но и увеличивает ресурс;
- позволяет экономично проходить энергоблоком режим “скользящих” параметров пара, что обеспечивает маневренность и высокую эффективность топливоиспользования в этом режиме;
- облегчает режим самозапуска (рестарта) электроприводов собственных нужд при глубоких колебаниях напряжения в системе электроснабжения или его кратковременных исчезновениях с последующим восстановлением;
- в часы максимальной нагрузки в энергосистеме обеспечивает дополнительное повышение мощности энергоблока вследствие исключения дросселирования;
- повышает в целом ресурс тепломеханического и электрического оборудования, увеличивает межремонтные периоды;
- снижает уровень выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за счет оптимизации процесса сжигания топлива.

На рис. 1 приведена диаграмма, иллюстрирующая типичные средневзвешенные потери мощности на собственные нужды по группам механизмов, оснащенных традиционными асинхронными электроприводами с постоянной частотой вращения, пылеугольного энергоблока 200 МВт. Как видно из диаграммы, наибольшую мощность потребляют механизмы собственных нужд, непосредственно участвующих в производстве энергии — питательные и циркуляционные насосы, мельничные вентиляторы, дутьевые вентиляторы и дымососы.

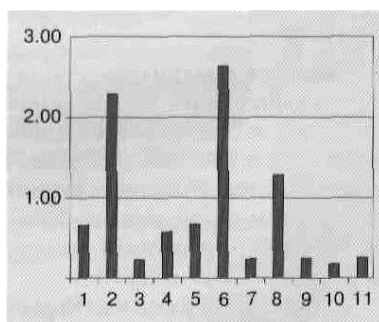


Рис. 1. Потери на собственные нужды ТЭС

Группы потребителей

- 1 — топливоподача;
- 2 — мельницы, вентиляторы;
- 3 — насосы гидрозолоудаления;
- 4 — дутьевые вентиляторы;
- 5 — дымососы;
- 6 — питательный насос котла;
- 7 — конденсатные насосы;
- 8 — циркуляционные насосы охлаждающей воды;
- 9—11 — вспомогательные механизмы энергоблока ( маслонасосные установки, насосы газоохладителей, ит.п.).

Рис. 2 иллюстрирует интегральную оценку экономии электроэнергии и топлива при оснащении механизмов собственных нужд электроприводами с регулируемой частотой. При значении показателя  $K = 0,7$  (это примерно соответствует оснащению регулируемым электроприводом указанных выше мощных механизмов) экономия электроэнергии может составить порядка 14%, а экономия удельного расхода топлива — 3 г/кВт·ч.

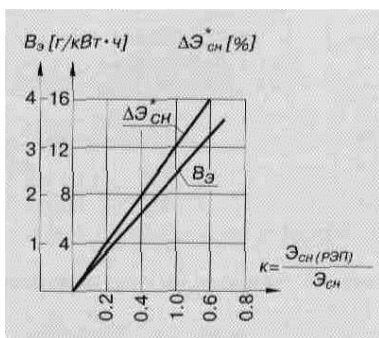


Рис. 2. Экономия электроэнергии (топлива) в зависимости от относительного потребления регулирующими механизмами собственных нужд ТЭС

$B_z$  — экономия удельного расхода топлива;

$\Delta E_{сн}$  — экономия электроэнергии на собственные нужды;  $E_{сн(РЭП)}$  — электроэнергия, потребляемая механизмами собственных нужд, оснащенным и РЭП;  $E_{сн}$  — электроэнергия, потребляемая на собственные нужды.

Для экономичного изменения производительности механизмов собственных нужд могут быть применены различные типы регулируемого электропривода, основанные на использовании асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Для мощных механизмов (от 250 кВт и выше) применяются асинхронные двигатели с напряжением статора 6000 В. При меньших мощностях применяются электродвигатели с напряжением статора 380 В. Исходя из этого, регулирование частоты вращения таких стандартных двигателей на отечественных тепловых электростанциях обеспечивается разными способами. Для низковольтных асинхронных двигателей (электроприводы насосов подпитки тепловых сетей, насосов слива конденсата в подогреватели низкого давления, баггерных, шламовых насосов, регенеративных воздухоподогревателей и т.п.) применяются преобразователи частоты на основе IGBT-инверторов напряжения с ШИМ. Такие преобразователи мощностью от 30 до 250 кВт выпускают отечественные фирмы, в частности, НПЦ "Приводная техника" и "Веспер-Автоматика". Для электромагнитной совместимости со стандартным асинхронным двигателем, особенно при протяженном кабеле от преобразователя частоты, на выходе последнего должен быть установлен L- или LC-фильтр.

Для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с напряжением статора 6000 В применяют следующие решения.

#### Регулирование высоковольтных двигателей путем подключения к статору преобразователя частоты

Ряд российских производителей асинхронных двигателей выпускают их с шестью выводами, что позволяет переключать статор с соединения "звезда" на соединение "треугольник" и применять высоковольтные преобразователи частоты с выходным напряжением 6000 В. В настоящее время на российском рынке

представлены высоковольтные преобразователи частоты с выходным напряжением 6000 и 3300 В таких фирм, как "Alien-Bradley" (1557 MV и Power Flex 7000 на напряжение 6000 и 3300В), ABB (ACS 1000 на напряжение 3300 В), Toshiba (Tosvert MV на напряжение 6000 и 3300 В), Mitsubishi (MELTRAC-F500HV на напряжение 6000 и 3300 В), Siemens (Simovert MV на напряжение 3300 В), ESTELAS (ЭТВА на напряжение 6000 и 10000 В). Наибольшее применение на тепловых электростанциях РАО "ЕЭС России" получили преобразователи частоты фирмы "Alien-Bradley".

#### **Регулирование высоковольтных асинхронных двигателей с помощью низковольтных преобразователей частоты (380 или 660 В) с применением для согласования напряжений электросети и асинхронного двигателя двух трансформаторов — на входе и выходе преобразователя частоты**

Рациональный диапазон мощностей электропривода, реализуемого по такой схеме, при оптимальном соотношении цена—качество составляет 250—1250 кВт.

В настоящее время для дутьевых вентиляторов Черепетской ГРЭС фирмой "Веспер-Автоматика" по такой схеме реализуется проект применения двух электроприводов мощностью 800 кВт в контейнерном исполнении. На Новгородской ТЭЦ в 2001 году с использованием аналогичной схемы фирмой "Триол" был введен в эксплуатацию электропривод циркуляционного насоса мощностью 1000 кВт.

#### **Замена высоковольтного двигателя на стандартный низковольтный с напряжением статора 380 или 660 В и его регулирование преобразователем частоты соответствующего напряжения**

При этом согласование напряжения преобразователя частоты с напряжением 6000 В сети электроснабжения осуществляется входным трансформатором. С учетом мощности асинхронных двигателей при напряжении 380 и 660 В, выпускаемых в настоящее время российскими заводами, такой вариант реализуем до мощности электропривода 1250 кВт.

Первый опыт применения регулируемого электропривода в отечественной электроэнергетике относится к началу 80-х годов. За 5—7 лет на тепловых электростанциях были внедрены 14 высоковольтных регулируемых электроприводов мощностью 800—5000 кВт на серийных однооперационных тиристорах дутьевых вентиляторов, дымососов и питательных насосов. Эти электроприводы были разработаны ВНИИЭ и производились заводами на Украине и в Эстонии. Последующий распад СССР и ослабление научно-технических и экономических связей с бывшими республиками на достаточно длительное время остановил работы по разработке и производству в России современных систем высоковольтного регулируемого электропривода для нужд электроэнергетики.

Поэтому базой для оснащения механизмов собственных нужд тепловых электростанций и насосных станций централизованного теплоснабжения начиная с 1995 года стали высоковольтные частотно-регулируемые электроприводы импортного производства.

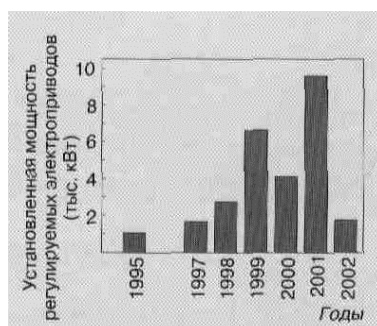
В этой связи бесспорный интерес представляет опыт Мосэнерго и ВНИИЭ по внедрению с 1995 года 25-ти частотно-регулируемых асинхронных электроприводов мощностью от 500 до 4000 кВт на основе высоковольтных преобразователей частоты серии 1557 MV канадской фирмы "Alien-Bradley". Эти электроприводы адаптированы к нормам российских стандартов качества электроэнергии и допускают применение стандартных асинхронных двигателей российского производства практически без снижения их паспортной мощности.

Рис. 3 и 4 иллюстрируют ввод электроприводов на теплоэлектроцентралях и насосных станциях тепловых сетей Мосэнерго по годам, а также получаемую в результате экономию электроэнергии.

#### **Как показывают опыт внедрения и технико-экономические расчеты, регулируемый электропривод в ближайшие 10—15 лет будет одной из основных технологий энерго- и ресурсосбережения при модернизации тепловых электростанций РАО "ЕЭС России".**

Проведенный в 1999—2000 годах энергоаудит собственных нужд порядка 50 тепловых электростанций позволил дать экспертные оценки по количеству и номенклатуре механизмов собственных нужд, оснащение которых регулируемым электроприводом наиболее перспективно, а также определить расчетную экономию электроэнергии. К примеру:

- питательные насосы с суммарной установленной мощностью регулируемых электроприводов 727825 кВт — расчетная экономия электроэнергии составляет 12737000 тыс. кВт·ч;
- дутьевые вентиляторы с суммарной установленной мощностью регулируемых электроприводов 185300кВт

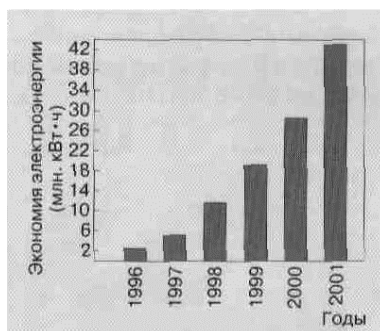


**Рис. 3. Ввод регулируемых электроприводов в эксплуатацию по годам**

—расчетная экономия электроэнергии составляет 389136,3 тыс. кВт·ч;

- дымососы с суммарной установленной мощностью регулируемых электроприводов 252 000 кВт— расчетная экономия электроэнергии 442 030 тыс. кВт \* ч;
- сетевые насосы с суммарной установленной мощностью регулируемых электроприводов 211 575 кВт —

расчетная экономия электроэнергии 3248625 кВт-ч.



**Рис. 4. Экономия электроэнергии от ввода частотно-регулируемых электроприводов**

Федеральная энергетическая комиссия России в 2001 году соответствующим решением рекомендовала считать приоритетным направлением энерго- и ресурсосбережения в электроэнергетике широкое внедрение регулируемого электропривода при выполнении проектов технического перевооружения и реконструкции тепловых электростанций. Комиссией было признано целесообразным при расчетах тарифов на электрическую и тепловую энергию ввести инвестиционную составляющую, компенсирующую затраты на проекты внедрения регулируемых электроприводов. Это должно стать серьезным стимулом широкого внедрения регулируемых электроприводов в электроэнергетике.